

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **07-307528**
(43)Date of publication of application : **21.11.1995**

(51)Int.Cl. **H01S 3/18**
H01L 21/306
H01L 29/22
H01L 33/00

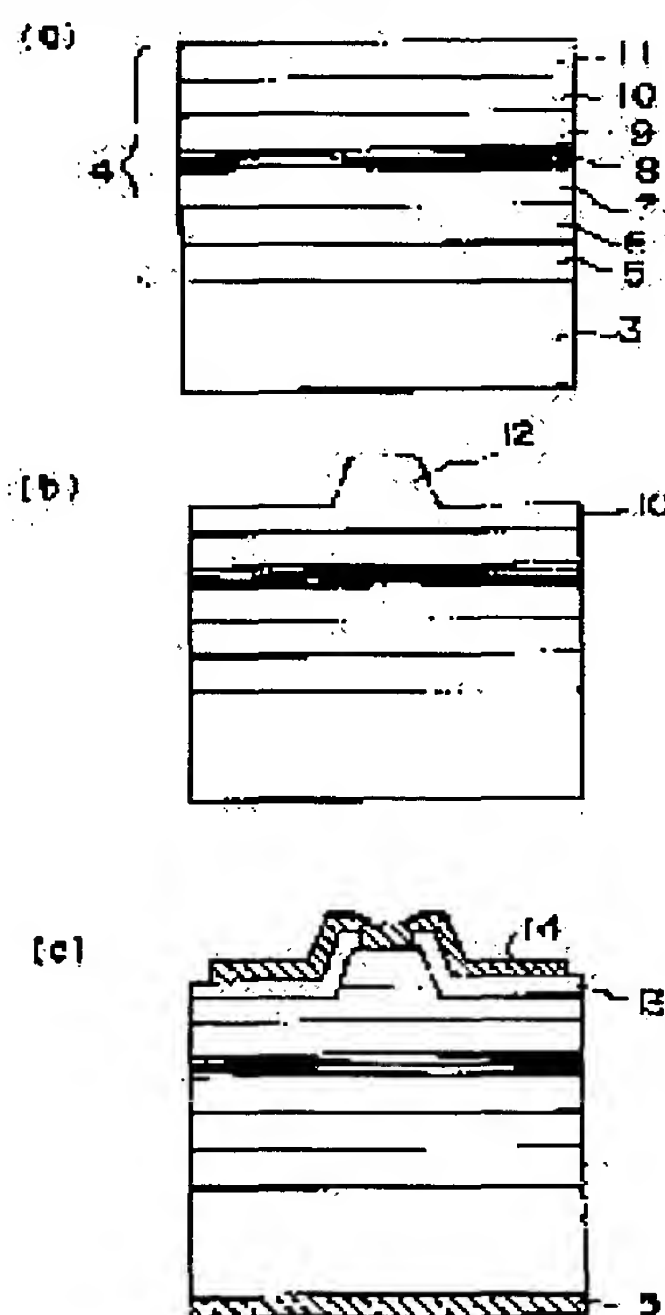
(21)Application number : **06-122976** (71)Applicant : **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**
(22)Date of filing : **12.05.1994** (72)Inventor : **YAMASHITA MASASHI**

(54) MANUFACTURE OF BLUE LIGHT EMITTING SEMICONDUCTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To solve the problem such as the roughing of etched surface which is insoluble by fluoric acid etching, by a method wherein the mixing ratio of the mixed solution of etchant of sulfuric acid, potassium dichromate and water, the condition of temperature when the mixed solution is used, and the suitable depth to remove ZnSe and the like are property examined.

CONSTITUTION: Pertaining to the blending of an etchant, potassium dichromate of 0.5 to 8.0g is added to the mixed solution of 100cc, which is formed by mixing sulfuric acid of 10 volume ratio or more for water of 100 volume ratio, or sulfuric acid of 100. The temperature of etching is 0 to 70°C, the depth of etching is the same as or less than the thickness of the epitaxially grown layer on a substrate, in concrete, it is about several to ten odds μ By setting the condition of process as above-mentioned, an excellent stripe current constricting structure, an almost circular current diffusion structure, and pretreatment of a substrate can be accomplished, and a suitable blue light emitting semiconductor device can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-307528

(43)公開日 平成7年(1995)11月21日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18				
H 0 1 L 21/306				
29/22				
			H 0 1 L 21/ 306	B
			29/ 22	
審査請求 未請求 請求項の数16 F D (全 14 頁) 最終頁に続く				

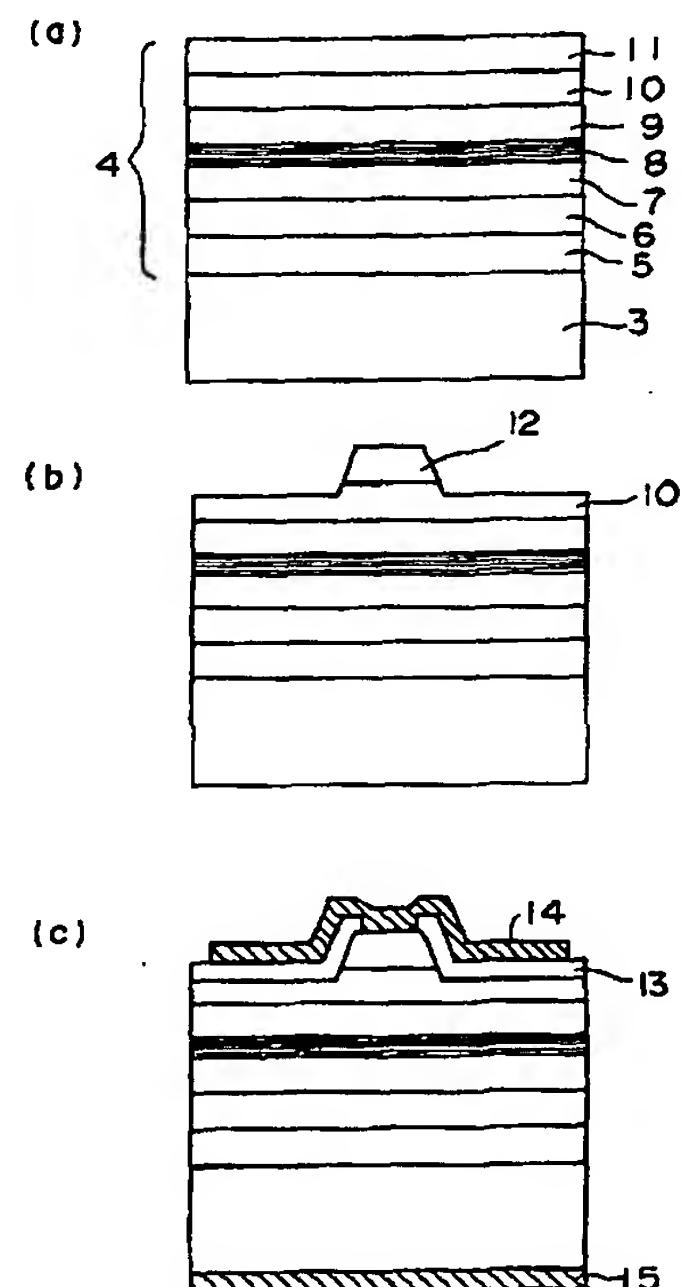
(21)出願番号	特願平6-122976	(71)出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22)出願日	平成6年(1994)5月12日	(72)発明者	山下 正史 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(74)代理人	弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 青色半導体発光素子の作製方法

(57)【要約】

【目的】 本発明は、ZnSe等II-VI族半導体を成長させた高品質エピタキシャル層を用いた青色半導体発光素子に関し、高効率かつ低損失な青色半導体素子の作製を可能ならしめるためのエッチング方法を提供することを目的とする。

【構成】 エッチング液の組成、エッチング温度並びにエッチング量に関し、それぞれ好適な条件が検討された。本発明により提供されたエッチング方法により、電流狭窄構造、電流拡散構造並びに基板の前処理が実現され、好適な青色半導体素子が実現された。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体をエピタキシャル成長させることにより、少なくとも下側クラッド層、活性層および上側クラッド層の3層構造を含むエピタキシャル層を形成し、このエピタキシャル層にストライプパターンの電流狭窄構造を形成して青色半導体レーザーダイオードを作製する青色半導体発光素子の作製方法において、

水100に対し硫酸10以上の容量比率で混合した混合液100cc又は硫酸100ccに対して、二クロム酸カリウムを0.5～8.0gの比率で添加し調製されたエッチング液を用い、0℃以上70℃以下のエッチング温度で、前記ストライプパターンの両側の領域の前記エピタキシャル層を、少なくとも前記基板に接する前記エピタキシャル層の最下層が残る程度にエッチングする除去工程を備えることを特徴とする青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項2】 前記除去工程は、前記活性層の下側の層まで前記エピタキシャル層をエッチングする工程であり、

前記ストライプパターンの前記エピタキシャル層上に第1の電極を形成すると共に、前記除去工程で露出された前記エピタキシャル層上に第2の電極を形成する電極形成工程を更に備えることを特徴とする請求項1に記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項3】 前記除去工程は、少なくとも前記基板に接する前記エピタキシャル層の最下層が残る程度に、前記エピタキシャル層をエッチングする工程であり、前記ストライプパターンの前記エピタキシャル層上および前記除去工程で露出された前記エピタキシャル層の表面上に更に別のエピタキシャル層を形成する工程を更に備えることを特徴とする請求項1に記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項4】 基板上にⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体をエピタキシャル成長させることにより、少なくとも下側クラッド層、活性層および上側クラッド層の3層構造を含むエピタキシャル層を形成し、このエピタキシャル層にストライプパターンの電流狭窄構造を形成して青色半導体レーザーダイオードを作製する青色半導体発光素子の作製方法において、

水100に対し硫酸10以上の容量比率で混合した混合液100cc又は硫酸100ccに対して、二クロム酸カリウムを0.5～8.0gの比率で添加し調製されたエッチング液を用い、0℃以上70℃以下のエッチング温度で、前記ストライプパターンの領域若しくは前記ストライプパターンの両側の領域の前記エピタキシャル層を、少なくとも前記基板に接する前記エピタキシャル層の最下層が残る程度にエッチングする除去工程と、前記ストライプパターンの前記エピタキシャル層上およびその両側の前記エピタキシャル層の表面上に更に別の

2

エピタキシャル層を形成する工程とを備えることを特徴とする青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項5】 基板上にⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体をエピタキシャル成長させることにより、少なくとも下側クラッド層、活性層および上側クラッド層の3層構造を含むエピタキシャル層を形成し、このエピタキシャル層に略円形パターンの電流拡散構造を形成して青色発光ダイオードを作製する青色半導体発光素子の作製方法において、

10 水100に対し硫酸10以上の容量比率で混合した混合液100cc又は硫酸100ccに対して、二クロム酸カリウムを0.5～8.0gの比率で添加し調製されたエッチング液を用い、0℃以上70℃以下のエッチング温度で、前記略円形パターンの周囲の前記エピタキシャル層を、少なくとも前記基板に接する前記エピタキシャル層の最下層が残る程度にエッチングする除去工程を備えることを特徴とする青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項6】 前記除去工程は、前記活性層の下側の層まで前記エピタキシャル層をエッチングする工程であり、

20 前記略円形パターンの前記エピタキシャル層上に第1の電極を形成すると共に、前記除去工程で露出された前記エピタキシャル層上に第2の電極を形成する電極形成工程を更に備えることを特徴とする請求項5に記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項7】 前記除去工程は、前記活性層の上側の層まで前記エピタキシャル層をエッチングする工程であり、

30 前記略円形パターンの前記エピタキシャル層上および前記除去工程で露出された前記エピタキシャル層の表面上に更に別のエピタキシャル層を形成する工程を更に備えることを特徴とする請求項5に記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項8】 前記基板は、少なくとも前記エピタキシャル層の成長面がⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体から形成され、

40 前記成長面は前記エピタキシャル層が形成されるに先立ち、前記エッチング液によって前記エッチング温度で前処理されていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項9】 前記基板は、少なくとも前記エピタキシャル層の成長面がⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体から形成され、

前記成長面は前記エピタキシャル層が形成されるに先立ち、前記エッチング液によって前記エッチング温度で、前記ストライプパターンの両側の領域のエピタキシャル層が前処理されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項10】 前記エッチング液は硫酸：水の前記容量比率が1：1～1：4である前記混合液150ccに

50

3

対して二クロム酸カリウムを2～7 gの比率で添加し調製されることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項11】 前記エッチング温度を25℃から35℃の温度範囲とすることを特徴とする請求項10記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項12】 前記エッチング温度を40℃から50℃の温度範囲とすることを特徴とする請求項10記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項13】 前記基板の結晶面方位が(100)面であり、前記ストライプパターンの長手方向が $[01\bar{1}]$ 方向であって、前記エッチング液は硫酸：水の前記容量比率が1：1～1：4である前記混合液150ccに対して二クロム酸カリウムを2～7 gの比率で添加し調製され、前記エッチング温度を40℃から50℃の温度範囲とすることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか又は請求項9に記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項14】 前記基板の結晶面方位が(100)面であり、前記ストライプパターンの長手方向が $[01\bar{1}]$ 方向であって、前記エッチング液は硫酸：水の前記容量比率が1：1～1：4である前記混合液150ccに対して二クロム酸カリウムを2～7 gの比率で添加し調製され、前記エッチング温度を25℃から35℃の温度範囲とする条件で一旦エッチングを行い、引き続き前記エッチング温度を40℃から50℃の温度範囲とする条件でエッチングを行うことを特徴とする請求項9記載の青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項15】 結晶面方位が(100)面のZnSe基板、あるいはGaAs基板上にZnSe等のII-V族化合物半導体材料をエピタキシャル成長し、ストライプ型の電流狭窄構造を形成して青色半導体レーザーダイオードを作製する青色半導体発光素子の作製方法において、

ストライプの長手方向を結晶の $[01\bar{1}]$ 方向に沿った方向とすることを特徴とする青色半導体発光素子の作製方法。

【請求項16】 結晶面方位が(100)面のZnSe基板、あるいはGaAs基板上に一旦MBE法によりZnSe等のII-V族化合物半導体材料をエピタキシャル成長し、エピタキシャル層表面に絶縁保護膜を形成し、 $[01\bar{1}]$ 方向に沿った方向に活性ストライプ領域となる箇所を残した両サイドの領域について、前記絶縁膜の除去に引き続いて硫酸、二クロム酸カリウムの混合液又は前記混合液に更に水を加えた混合液により前記エピタキシャル層を除去した後に、改めてOMVPE法によってZnSe等のII-V族化合物半導体材料を前記絶縁膜の除去された箇所のみに選択的にエピタキシャル成長を行い埋め込み再成長構造の青色半導体レーザーダイオードを作製する青色半導体発光素子の作製方

(3)

4

法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はZnSe、ZnSSe、CdZnSe、ZnMgSSe等のII-V族化合物半導体を材料とし、発光波長が青色領域である半導体レーザーダイオード及び発光ダイオード等の青色半導体発光素子の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、半導体発光素子を作成するに当っては、電流をストライプ状に狭窄、あるいは略円型パターン状に拡散させ、これによって発光現象を高効率かつ低損失で実現させる構造を形成する必要がある。このような構造は、レーザーダイオードにおいてはストライプ型電流狭窄構造であり、発光ダイオードにおいては電流拡散構造である。これらは、一般にフォトリソグラフィ技術によるレジストパターンをマスクとして、ウェットエッチャントによるエッチングで形成される。

【0003】GaAs系のエッチャントとしては、例えば鏡面エッチングに用いられている硫酸系エッチング液($H_2SO_4 : H_2O_2 : H_2O = 4 : 1 : 1$)や、あるいはフッ酸系のエッチング液が広く一般に用いられており、例えばサイエンスフォーラム刊、生駒俊明他著「半導体材料の欠陥評価技術(GaAs基板評価・MOS界面評価)」には多くのエッチング条件が紹介されている。

【0004】一方、ZnSeあるいはZnSeに類するII-V族化合物半導体のエッチャントとしては、二クロム酸カリウム及び硫酸から成るエッチングについてJpn. J. Appl. Phys. Vol. 31(1992)pp. L1743-L1745や、あるいはAppl. Phys. Lett. 60(1992)pp. 892-894に、また水酸化ナトリウムや水酸化アンモニウム等を使った例がJ. Cryst. Growth 86(1988)pp. 324-328にそれぞれ報告されている。

【0005】また、GaAs/AlGaAs系やInP/InGaAsP系の材料を用いた半導体レーザーや発光ダイオードについては、実に様々な構造が提案され、また実用化されている。例えば工業調査会刊、今井哲二他著「化合物半導体デバイス[II]」のような一般的な教科書にも、多くの素子構造の例が挙げられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、発光波長が青色領域の半導体発光素子を作製するためには、材料としてZnSe等のII-V族化合物半導体が使用される。一方、II-V族化合物半導体のエッチング条件については、後述のように各種の報告がされているが、未だ青色半導体発光素子のストライプ構造あるいは電流拡散構造の形成プロセス自体に応用した例は報告されておらず、また、本発明者らの検討によれば、これら従来のエッチングプロセスを、そのまま青色半導体発光素子

5

のストライプ構造若しくは電流拡散構造の形成プロセスそのものに適用しても、エッチングされた表面が荒れてしまうなど、良好な結果（発光性能等）が得られない。

【0007】すなわち、従来のエッチャント、例えばGaAsの鏡面エッチングに用いられている硫酸系のエッチング条件（ $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 4 : 1 : 1$ ）でZnSeをエッチングしようとする、と、表層は除去できるものの、エッチング面が極端に荒れてしまったり、あるいはフッ酸系エッチングでは全くエッチングされないという問題があった。GaAsの鏡面エッチングに用いられている硫酸系のエッチング条件によりZnSeをエッチングした際の、その表面の荒れの程度を、図10に表した。図10は、触針式表面形状測定器であるDektak-3030（日本真空技術製）を用いた表面形状測定図である。この時の測定条件は、触針の半径は $25\mu\text{m}$ 、針圧 10mmgf 、走査速度 $40\mu\text{m}/\text{秒}$ であった。この図において、平坦部分にはフォトレジスト $1.2\mu\text{m}$ がのっており、 $1\mu\text{m}$ のエッチングに対して約 $1\mu\text{m}$ の荒れが観測された。

【0008】一方、ZnSeあるいはZnSeに類するII-VI族化合物半導体のエッチャントとしては、以下のような例（1）～（3）が報告されている。

【0009】（1）二クロム酸カリウム及び硫酸から成るエッチャントがJpn. J. Appl. Phys. Vol. 31(1992)pp. L1743-L1745（文献1）で示されているが、ここでは電極の周囲のZnSeエピタキシャル層を、基板の表層部も含めて除去するのに用いられているのみである。

【0010】（2）同様に、二クロム酸カリウム及び硫酸から成るエッチャントがAppl. Phys. Lett. 60(1992)pp. 892-894（文献2）に示されているが、単に発光ダイオードの発光領域を制限するためにのみ、II-VI族化合物半導体の領域を深い部分まで除去している。

【0011】（3）水酸化ナトリウムや水酸化アンモニウム等を使って、各種の条件でZnSe基板のエッチングを試みエピタキシャル成長の前処理とした例が、J. Cryst. Growth 86(1998)pp. 324-328（文献3）で示されているが、RHEEDの結果から見ても実用レベルの条件には達していないと考えられる。

【0012】以上のように、ZnSe等のII-VI族化合物半導体材料に関しては、良好な青色半導体発光素子を実現するための確立したエッチング条件が見いだされておらず、とりわけ青色半導体レーザーダイオードのストライプ構造そのものの形成工程や、青色半導体発光ダイオードの電流拡散構造そのものの形成工程に適用した例は報告されていない。このため、GaAs/AlGaAs系やInP/InGaAsP系の材料を用いてすでに作製されている各種構造の半導体レーザー及び発光ダイオードと同等レベルの半導体発光素子は、ZnSe等のII-VI族化合物半導体を材料とするものについては、いまだ実現できていない現状にある。

(4)

6

【0013】

【課題を解決するための手段および作用】本発明者は、上記の課題を解決するため、下記の着眼点に留意して鋭意検討を重ねた。すなわち、本発明者の着眼点とは、第1に、ZnSe等のエッチングに従来から用いられているエッチング液、つまり硫酸（ H_2SO_4 ）、二クロム酸カリウム（ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ）および水（ H_2O ）の混合液の好適な混合比の検討であり、第2に、上記混合液を用いたときの好適な温度条件の検討であり、第3に、ZnSe等をエッチングで除去する好適な深さ（エッチング量）の検討である。

【0014】このような検討の結果、本発明者はこれら三条件を所定の範囲に設定することで、三条件の組み合わせに起因して良好な青色半導体発光素子を実現するに至った。本発明者の検討によれば、第1に、エッチング液の配合比については、水100に対し硫酸10以上の容量比率で混合した混合液（即ち希釈した硫酸）100cc又は硫酸100ccに対し、二クロム酸カリウムを0.5～8.0gの比率で添加すればよく、第2に、エッチング温度については 0°C 以上 70°C 以下に設定すればよく、第3に、エッチングの深さについては、基板上のエピタキシャル成長層の厚さ以下、具体的には数 μm ～十数 μm 程度以下にすればよく、このようにプロセスの条件を設定することで、良好なストライプ型電流狭窄構造、あるいは略円型の電流拡散構造、さらには基板の前処理を実現して、好適な青色半導体発光素子を実現できることがわかった。ここで使用される硫酸は、市販品の濃度96%濃硫酸であってもよく、又は100%硫酸であってもよい。

【0015】ちなみに、エッチング液の混合比については、硫酸の比率が上記の下限值よりも少ないと、エッチング速度が $0.001\mu\text{m}/\text{分}$ 程度以下となって、実用に供せない。また、二クロム酸カリウムの比率が下限値よりも少ないと、同様にエッチング速度が $0.001\mu\text{m}/\text{分}$ 程度以下となって実用に供せず、上限値以上に添加すると、エッチング面に結晶化して表面が荒れてしまう。エッチング温度については、 70°C を越えるとエッチング条件が不安定となり、良好な再現性が得られない。また、エッチング深さをエピタキシャル成長層の厚さ以上にとると、やはり表面が荒れ、あるいは平滑なエッチング面が得られない等、青色半導体発光素子のストライプ構造あるいは電流拡散構造の形成、さらには基板の前処理に適しないことが判明した。

【0016】以下、本発明の好適な条件について説明すると、まずZnSeの基板あるいはZnSeに類するII-VI族化合物半導体のエッチング液に、硫酸（ H_2SO_4 ）、水（ H_2O ）、二クロム酸カリウム（ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ）の混合液を用いる。エッチング液の配合比としては硫酸：水の容積比率が好適には1：1～1：4、最も好適には1：2、硫酸及び水の合計の容積150cc

7

cに対して二クロム酸カリウムの添加量が好適には2～7g、最も好適には5gとする。エッチングの温度としては、好適には15～60℃であるが、特徴的には

(A) 25℃から35℃の範囲、あるいは(B) 40℃からの50℃の範囲である。温度範囲を(A)とするか、あるいは(B)とするかは用途によって使い分け

る。
【0017】上記の条件のエッチングによって以下の工程を用いて、各種の構造を持った青色半導体レーザー及び青色発光ダイオードを作製する。ちなみに、

(1) ストライプの両サイドのII-VI族化合物半導体からなるエピタキシャル層のみをエッチングで除去することにより、ストライプ構造半導体レーザーダイオードの電流経路を狭窄する。

【0018】(2) エピタキシャル成長の前処理として、ZnSe基板表面を上記エッチング条件でエッチングする。しかる後、ストライプのレーザーダイオード構造あるいは略円形パターンの発光ダイオード構造を形成する。

【0019】(3) エピタキシャル層をストライプパターンないし略円形パターンの領域を残して部分的にエッチングし、エッチングされずに残った面、及びエッチングされた面の双方に独立に電極を形成してダイオード構造とする。

【0020】(4) 一旦、エピタキシャル層を成長したウェーハに対してフォトリソグラフィによりストライプパターンを形成し、エッチングによって電流狭窄層となるエピタキシャル層を部分的に除去した後に、改めてエピタキシャル層を形成する。これにより、いわゆる埋め込み再成長構造の半導体レーザー構造とする。

【0021】(5) 一旦、エピタキシャル層を成長したウェーハに対してフォトリソグラフィにより略円形パターンを形成し、エッチングによって発光ダイオードの電流拡散層となるエピタキシャル層を略円形に残して周囲を除去した後に、改めてエピタキシャル層を形成する。

【0022】(6) ZnSe基板に対してフォトリソグラフィによりストライプパターンを形成し、活性ストライプ領域の両サイドをエッチングで除去した後にエピタキシャル層を成長する。

【0023】なお、エッチングのメサ形状の特徴から、(100)面のZnSe基板、あるいは(100)面のGaAs基板上にZnSe等のII-VI族化合物半導体材料をエピタキシャル成長して青色半導体レーザーを作製する場合で、逆メサ形状を必要とする構造の半導体レーザーの作製の際には、ストライプは結晶の $[01\bar{1}]$ (ゼロ、マイナス1、1)方向に沿った方向に形成するのが好適である。ここで、結晶面方位の表記に関するマイナス方位の表記法を、本願では上記の如く定義する。

(5)

8

【0024】したがって本発明は、基板上にII-VI族化合物半導体をエピタキシャル成長させることにより、少なくとも下側クラッド層、活性層および上側クラッド層の3層構造を含むエピタキシャル層を形成し、このエピタキシャル層にストライプパターンの電流狭窄構造を形成して青色半導体レーザーダイオードを作製し、あるいは略円形パターンの電流拡散構造を形成して青色半導体発光ダイオードを作製する方法において、水100cc又は硫酸100ccに対して、二クロム酸カリウムを0.5～8.0g添加し調製されたエッチング液を用い、0℃以上70℃以下のエッチング温度で、ストライプパターンの両側の領域のエピタキシャル層あるいは略円形パターンの周囲のエピタキシャル層を、少なくとも基板に接するエピタキシャル層の最下層が残る程度にエッチングする除去工程を備えることを特徴とする。

【0025】あるいは本発明は、基板は少なくともエピタキシャル層の成長面がII-VI族化合物半導体から形成され、成長面はエピタキシャル層が形成されるに先立ち、上記エッチング液によって上記エッチング温度で、成長面前面、ストライプパターンの両側、あるいは電流が狭窄されるストライプパターン領域が前処理されていることを特徴としてもよい。あるいは、結晶面方位が(100)面のZnSe基板、あるいはGaAs基板上にZnSe等のII-VI族化合物半導体材料をエピタキシャル成長する青色半導体レーザー作製方法において、ストライプを結晶の $[01\bar{1}]$ 方向に沿った方向とすることを特徴としてもよい。あるいは、結晶面方位が(100)面のZnSe基板、あるいはGaAs基板上に一旦MBE法によりZnSe等のII-VI族化合物半導体材料をエピタキシャル成長し、エピタキシャル層表面に絶縁保護膜を形成し、 $[01\bar{1}]$ 方向に沿った方向に活性ストライプ領域となる箇所を残した両サイドの領域について、絶縁膜の除去に引き続いて硫酸、二クロム酸カリウムの混合液又はこの混合液に更に水を加えた混合液によりエピタキシャル層を除去した後に、改めてOMVPE法によってZnSe等のII-VI族化合物半導体材料を絶縁膜の除去された箇所のみに選択的にエピタキシャル成長を行う埋め込み再成長構造を特徴としてもよい。

【0026】さらに、報告されている条件を基に各種の条件を検討した結果、このエッチング条件が以下のような広範な手段に活用できることが分かった。即ち、①平滑なエッチング面となるZnSe系のエピタキシャル層あるいはZnSe基板の部分的、あるいは表面全面の除去。

【0027】②ZnSe基板上にZnSe系のエピタキシャル層を成長する際の前処理。

【0028】③一旦ZnSe系のエピタキシャル層を成長した後に、該エピタキシャル層の一部を除去し、再び

(6)

9

ZnSe系のエピタキシャル層を成長する工程の中のエピタキシャル層の除去工程、及びエピタキシャル層成長前の前処理工程。例えば本発明によるエッチング条件によってZnSe基板をエッチングした例を図1に示す。これはエッチング前後のZnSe基板に関する、(400)回折による2結晶X線回折測定によるX線ロックアップカーブである。このX線ロックアップカーブの測定に使用した機器は、X線ディフラクトメーターであるSLX-1(理学電機製)であった。この時の測定条件は、回折角θについて2θ=65.86°、第一結晶はGe(400)回折で非対称度b=0.08、第一結晶の半値幅は2.35″、X線発生条件は25KV及び15mA、照射面積は2x2(mm)程度であった。図1(a)のように、エッチング前には68秒あったX線ロックアップカーブの半値幅は、エッチングによって同図(b)のように13秒と格段に小さく抑えられている。

【0029】更にエッチング条件を詳細に検討し、サンプルの劈開断面をSEMで観察した結果、(100)面のウェーハに対してストライプ状のエッチングを行うと、エッチング条件によって以下のように特異なメサ形状が得られることを見いだした。つまり、メサ形状の違いによって用途を使い分けることができることが分かった。

【0030】すなわち、

④エッチング温度を25℃～35℃とした場合、ストライプの結晶の面方位に依らず、順メサ形状が得られる。面方位(100)面のGaAs基板上に成長したZnSeエピタキシャル層を、前記組成のエッチング液を用

10

*い、エッチング温度が30℃の条件においてエッチングした結果の断面SEM写真を、図2に示した。(a)はエッチング溝の方向が[01-1]方向である例であり、また(b)はエッチング溝の方向が、(a)の場合とは直交した[01-1-]方向の例である。これらの形状から明らかなように、両者とも順メサ形状が得られたことが示されている。

【0031】⑤一方、エッチング温度を40℃～50℃とした場合、ストライプが[01-1]方向に沿っている場合には逆メサ、逆に[01-1-]方向に沿っている場合には順メサ形状となる。面方位(100)面のGaAs基板上に成長したZnSeエピタキシャル層を、同じエッチング液を用い、エッチング温度を45℃としてエッチングを行った例を、図3のSEM写真に示した。同様に、(a)はエッチング溝の方向が[01-1]方向である例であり、また(b)はエッチング溝の方向が、(a)の場合とは直交した[01-1-]方向の例である。これらの形状から明らかなように、(b)は順メサ形状であるのに対し、(a)は逆メサ形状が得られたことが示されている。そしてこの条件において、順メサとなる方向と逆メサとなる方向が、ZnSeとGaAsとでは逆になることも明らかにされた。

【0032】これら④と⑤に示された、面方位及びエッチング温度と、得られたメサ形状との関係をまとめると、表1のようになる。

【0033】

【表1】

エッチング温度			30℃	45℃
エッチング温度			0.3μm/分	1.4μm/分
メサ形状	溝が[01-1]方向 (溝方向//OF面)	ZnSe	順メサ	逆メサ
		GaAs	順メサ	順メサ
	溝が[01-1-]方向 (溝方向⊥OF面)	ZnSe	順メサ	順メサ
		GaAs	順メサ	逆メサ

【0034】以上のエッチング特性を踏まえて、前出の検討で挙げた工程を利用することにより、以下の実施例で示すような各種の構造の青色半導体レーザー及び青色発光ダイオードを自由に作製することが可能となった。

【0035】

【実施例】

実施例1(コンタクト層除去による電流狭窄型青色半導体レーザーダイオードの作製)

MBE法によるエピタキシャル層を用いて、GaAs基板上に青色半導体レーザーダイオードを作製した。これは絶縁膜ストライプ構造の半導体レーザーダイオードで

あり、エピタキシャル層の最表面層であるZnSe低抵抗層をエッチングにより部分的に除去することにより、電流の広がりを抑える構造を有する。この実施例における電流狭窄型青色半導体レーザーダイオードの作製工程及び構造を、図4に断面図として示す。この図において、(a)はエピタキシャル層の構造、(b)は(a)をエッチングすることによりストライプの両サイドを除去した段階、そして(c)は更に絶縁膜、表面電極及び裏面電極を形成後のダイオードの完成段階を示す。ここでの各層を説明すれば、3はn-GaAs基板、4はZnSe等を材料としたレーザー構造のエピタキシャル層

11

であり、このエピタキシャル層4は、以下説明する5、6、7、8、9、10及び11の七層より構成された。即ち、5はn-ZnSeバッファ層、6はZnSSeクラッド層、7はn-ZnSe光ガイド層、8はZnSe/ZnCdSe超格子活性層、9はp-ZnSe光ガイド層、10はp-ZnSSeクラッド層、そして11はp-ZnSeコンタクト層である。12はエッチングされずに残ったストライプパターン形状のp-ZnSeコンタクト層、13はプラズマCVDによるSiN絶縁膜、14は表面電極、そして15は裏面電極である。

【0036】次に、プロセスを説明する。先ず図4

(a)のように(100)面n型GaAs基板3上にMBE法によりZnSe等のエピタキシャル層4を成長した。エピタキシャル層の構造は基板3側から順にn型ZnSeバッファ層5、n型ZnSSeクラッド層6、n型ZnSe光ガイド層7、ZnSe/ZnCdSe超格子からなる活性層8、p型ZnSe光ガイド層9、p型ZnSSeクラッド層10、p型ZnSeコンタクト層11、を成長した。なおエピタキシャル層のn型ドーピング元素は塩素(Cl)、p型の成長には窒素(N)のラジカルドーピングを行った。

【0037】次にフォトリソグラフィによりストライプパターンを形成した後、図4(b)のようにp型ZnSSeクラッド層10に達する深さまでエッチングを行い、p型ZnSeコンタクト層11のストライプパターンの両側を除去した。エッチング液は、濃度96%濃硫酸と水との容量比率が1:2の溶液(即ち希釈した硫酸)150ccに対し二クロム酸カリウム5gを添加して、調製された。エッチング温度は30℃であった。このエッチング条件でエッチングし、上述の如くストライプパターンのp型ZnSeコンタクト層12が残った。尚、図4(b)及び(c)において、図4(a)の状態から変化しない層、即ち3、5、6、7、8及び9の各層は、特に図中に指示しない。以下の全ての実施例においても同様とする。

【0038】続いて図4(c)のように、ウェーハ表面にプラズマCVD(p-CVD)法によりSiN絶縁膜13を堆積した。表面電極14とp-ZnSeコンタクト層12とを接触させるために、再びフォトリソグラフィによってストライプ形状のコンタクトホールを形成した。即ち、図4(c)において、SiN絶縁膜13の、ZnSeコンタクト層12の上に堆積した部分のみを、除去した。そしてSiN絶縁膜13及びp-ZnSeコンタクト層12上に、表面電極14を蒸着により形成した。

【0039】最初450μmあったGaAs基板3を劈開しやすいようにエッチングによって100μmまで減厚し、裏面全面に電極15を蒸着した。最後にメスでウェーハを劈開して共振器を形成し、ステムに実装した。

【0040】このように、上記エッチング条件の採用に

(7)

12

より、ストライプパターンを形成したコンタクト層が残り、これに表面電極を接触させることにより形成された青色半導体レーザーダイオードは、ストライプパターンの電流狭窄構造を有する。この電流狭窄構造により、低抵抗のコンタクト層における電流の広がりや抑えられ、レーザーの特性が向上する。

【0041】実施例2(電流狭窄層付き再成長型青色半導体レーザーダイオードの作製)

MBE法によるエピタキシャル層を用いてGaAs基板3上に青色半導体レーザーダイオードを作製した。エッチングによる除去工程によってストライプ状に露出したエピタキシャル層の上に、更に別のエピタキシャル層を再成長することによって、電流狭窄層を形成した。この実施例における青色半導体レーザーダイオードの作製工程及び構造を、図5に示す。この図において、(a)は第1回目のエピタキシャル成長層の構造、(b)はエッチングによって電流狭窄層をストライプ状に除去した段階、そして(c)は第2回目のエピタキシャル成長層の形成後、表面電極及び裏面電極を形成した完成段階を、それぞれ表す。ここで、各層を説明すれば、3はn-GaAs基板、10はp-ZnSSeクラッド層、15は裏面電極、16は第1回目の成長により形成されたエピタキシャル層、17はn-ZnSe電流狭窄層、18はストライプ状にエッチングされた後両側に残ったn-ZnSe電流狭窄層、19は第2回目の成長により更に形成されたp-ZnSeコンタクト層、そして20はコンタクト層19の形成によりp型層中に挟まれて残ったn-ZnSe電流狭窄層である。第1回目の成長により形成されたエピタキシャル層16の構成は、最上層であるp-ZnSeコンタクト層11がn-ZnSe電流狭窄層17に代わった他は、実施例1における図4中のZnSe等のエピタキシャル層4と同じであるため、この同じ層は図5では特に図示しない。以下全ての実施例において同様とする。

【0042】プロセスを説明すると、先ず実施例1と同様にn型GaAs基板3上にエピタキシャル層16を成長した。この第1回目の成長のエピタキシャル層16の構造を図5(a)に示す。実施例1で示した図4(a)とはほぼ同等の構造及び成長方法であるが、相違点は、実施例1においては図4(a)の最表面がp型のZnSeコンタクト層11であるのに対し、本実施例では図5(a)のように最表面がn型ZnSe電流狭窄層17であることである。

【0043】次に、フォトリソグラフィによって図5(b)のようにストライプ領域となるエッチング溝を形成した後、p型ZnSSeクラッド層10に達する深さまでエッチングを行い、実施例1における図4(b)とは逆に、最表面の電流狭窄層18のストライプ部分のみを除去した。エッチング条件は実施例1と同じであり、即ち濃度96%濃硫酸と水との容量比率が1:2の溶液

13

(即ち希釈した硫酸) 150cc に対しニクロム酸カリウム 5g を添加して調製されたエッチング液を用い、温度 30℃ でエッチングを行った。

【0044】そして2回目のエピタキシャル層成長として、図5(c)のようにコンタクト層となるp型ZnSe再成長層19を、MBE法により成長した。この構造では実施例1のような絶縁膜を必要とせず、コンタクト層19上に表面電極14をフォトリソグラフィーによって直接形成した。そして、実施例1と同様にGaAs基板3を減厚し、裏面電極15を蒸着し及び劈開した後、

10 ステムに実装した。

【0045】本構造の半導体レーザーダイオードでは、n型の電流狭窄層20が、p型のコンタクト層19とp型のクラッド層10との間に挟まれて残ることにより、表面電極14から流れ始めた電流が効率よくストライプ領域に集中し、このため高効率の半導体レーザーダイオードが実現できる。しかも、電極14とコンタクト層19との接触面積が、実施例1と比較して大きいため、電極14とコンタクト層19との接触抵抗が小さくなり、レーザーの駆動電圧の降下に有利に働く。

【0046】実施例3(OMVPE法による埋め込み再成長型青色半導体レーザーダイオードの作製)

MBE法によるエピタキシャル層を(100)面のGaAs基板3上に成長し、これをエッチングによりストライプパターン状に残した。そして、OMVPE法により、絶縁膜の除去された位置のみに選択的に、ZnSe埋め込み層をエピタキシャル成長することにより、埋め込み再成長構造の青色半導体レーザーダイオードを作製した。この作製工程及び構造を図6に示す。(a)は第1回目のエピタキシャル成長層の構造、(b)はストライプ領域を残して両サイドのエピタキシャル層を深く除去した段階、そして(c)は第2回目のエピタキシャル成長としての選択成長を行い、絶縁膜を除去した後、表面電極及び裏面電極を形成した完成段階である。各層については、3はn-GaAs基板、5はn-ZnSeバッファ層、14は表面電極、15は裏面電極である。21は第1回目の成長のエピタキシャル層で、これは実施例1での図4(a)におけるZnSe等のエピタキシャル層4と全く同等の構造である。22はSiN絶縁層、23はストライプパターンに残ったSiN絶縁膜、24はエッチングされてストライプパターンに残ったSiN絶縁層、25は第2回目の成長による埋め込みエピタキシャル層であり、これはp-ZnSSe埋め込み再成長層26及びn-ZnSSe埋め込み再成長層27より構成される。28はストライプ状のZnSe/ZnCdSe超格子活性層である。

【0047】本実施例では、第1回成長エピタキシャル層21の成長後、図6(b)及び図6(c)に示されるように、2回目の成長としてOMVPE法により選択成長を行うために、エピタキシャル層表面に保護膜として

(8)

14

一旦SiN絶縁膜22を形成する。この絶縁膜22は図6(a)に示される。

【0048】第1回成長エピタキシャル層21の成長後、この上にフォトリソグラフィーによりストライプパターンを形成し、図6(b)のようにSiN絶縁膜を除去し、引き続き同じパターンのままこのエピタキシャル層21の両側を、本発明によるエッチング条件で除去する。バッファ層5に達するまでエッチングすることにより、ストライプ領域24を除いた両サイドのエピタキシャル層の大部分を除去するわけであるが、本実施例では、エッチングされずに残るエピタキシャル層24が逆メサ形状となるように、エッチングの条件を選択する。表面側の方が基板側よりも幅が広がっている方が電極との接触面積を大きくできるという点で有利なためである。従って、エッチング条件は、逆メサ形状が得られる温度領域を、ストライプとの組み合わせにより採用する。エッチング液の組成は実施例1及び実施例2と同じであり、即ち濃度96%濃硫酸と水との容量比率が1:2の溶液(即ち希釈した硫酸)150ccに対しニクロム酸カリウム5gの添加比率で調製されたエッチング液を用い、エッチング温度を45℃に設定した。また、このエッチング条件において逆メサ形状となるよう、ストライプの方向を[01-1]方向に形成した。

20 【0049】そして、図6(c)のように残った第1回エピタキシャル層の両サイドにOMVPE法によるエピタキシャル層25を基板側からp-ZnSSe層26、n-ZnSSe層27の順に成長し、そして残っていたSiN膜23を除去した。埋め込み再生長層25は活性層28に対して光とキャリアの閉じ込め効果を持つZnSSeを成長した。

【0050】そして、実施例2と同様に表面電極14を形成し、GaAs基板3を減厚し、裏面電極15を形成した後、劈開し、ステムに実装した。

【0051】実施例4(ZnSe基板にストライプを形成した青色半導体レーザーダイオードの作製)

ZnSe基板にストライプパターンの両サイドを2種類の温度条件で2度エッチングを行うことにより除去した後、エピタキシャル層を成長した青色半導体レーザーダイオードを作製した。この作製工程及び構造は図7に示され、この図において(a)はZnSe基板にストライプパターンを形成した段階、(b)はエピタキシャル層を成長した段階、そして(c)はこれに絶縁膜、表面電極及び裏面電極を形成した完成段階である。各層は、11はp-ZnSeコンタクト層、12はストライプパターンに残ったp-ZnSeコンタクト層、13はSiN絶縁膜、14は表面電極、15は裏面電極、29はZnSe基板、30はZnSe基板に残った[01-1]方向の2本のストライプ、31はZnSe等を材料としたレーザー構造のエピタキシャル層、そして32は湾曲したZnSe/ZnCdSe超格子活性層である。

50

15

【0052】 先ず、ZnSe基板の表面全面を、エピタキシャル層成長の前処理としてエッチングした。次にフォトリソグラフィによって活性ストライプ領域に対応する領域として2本の並行なストライプパターンを形成した。ZnSe基板29に残るストライプ30の断面形状が図7(a)のようになるようエッチング条件及びストライプの方向を設定した。ZnSeのエッチングにおいて、逆メサ形状が得られるのは、エッチング溝を $[01\bar{1}]$ 方向に取った場合である。即ち、ストライプ30の方向を $[01\bar{1}]$ 方向とし、実施例1〜3と同じ組成のエッチング液を用い、まずエッチング温度30℃で順メサ形状のエッチングを実施し、引き続いて温度45℃でエッチングを実施した。その結果、図7(a)の形状を実現した。続いてフォトリソグラフィを有機洗浄によって除去した後に、MBE法によりエピタキシャル層の成長を行った。図7(b)におけるエピタキシャル層31の構成は、成実施例1の図4(a)におけるエピタキシャル層4の構成と同じであるが、ZnSe基板に形成した溝の影響で活性層32が湾曲した形状となる。従って素子の横方向にも光が閉じ込められる効果があり、レーザーの特性が向上する。

【0053】 この後に、実施例1と同様に、電流狭窄のためにコンタクト層11を除去してストライプ状に残しこれをコンタクト層12とし、その上に絶縁膜13を形成した。そして、コンタクト層12の上にある部分のSiN絶縁層のみを除去し、その上に表面電極14を形成した。更に、裏面電極15を形成して実装した。なお、ZnSe基板は当初600μmの厚みであったが、機械的研磨によって100μmまで薄くし、最後に本発明によるエッチングで処理した後に裏面電極15を蒸着した。

【0054】 実施例5（電流拡散層付き再成長型青色半導体発光ダイオードの作製）

MBE法によるエピタキシャル層を用いてGaAs基板3上の青色半導体発光ダイオードを作製した。このとき、エピタキシャル層の再成長によって電流拡散層を形成した。図8に本実施例の作製工程及び構造が示される。図8(a)は第1回目のエピタキシャル層の成長、(b)はエッチングによって周囲が除去され、円形の電流拡散層が残った段階、そして(c)は第2回目のエピタキシャル層を形成した後電極を形成した完成段階である。各層は、3がn-GaAs基板、5がn-ZnSeバッファ層、6がn-ZnSSeクラッド層、10がp-ZnSSeクラッド層、15が裏面電極、33は、ZnSe等を材料とした発光ダイオードの構造を持った第1回成長時のエピタキシャル層、34はn-ZnSe電流拡散層、35は周囲がエッチングによって除去され、円形に残ったn-ZnSe電流拡散層、36は第2回目の成長によるp-ZnSeコンタクト層、37は円形表面電極、そして38はp型層中に残ったn-ZnS

(9)

16

e電流拡散層である。

【0055】 第1回目のエピタキシャル成長層の構造を図8(a)に示す。青色半導体レーザーダイオードの場合のエピタキシャル層との構造上の相違点は、青色半導体発光ダイオードはエピタキシャル層に光ガイド層を設ける必要がないこと並びに、最上層が電流拡散層34であることである。活性層8はZnSe/ZnCdSeの超格子であり、これは青色半導体レーザーダイオードと同様である。

【0056】 次に、フォトリソグラフィによって図8(b)のように最表面の電流拡散層34の周辺部分を除去してクラッド層10まで到達させた。拡散層35は円形に残るパターンでエッチングを行った。本実施例ではエッチングの円形に残るパターンでエッチングを行った。本実施例ではエッチングの形状が円形であるため、溝の方向によってメサ形状の変わらないエッチングが望ましい。従ってエッチング温度は30℃とした。エッチング液の組成は、実施例1〜4と同じであった。

【0057】 2回目の成長をMBE法で行って図8(c)のようにコンタクト層36を成長し、円形の表面電極37及び裏面電極15を蒸着し、ダイシングソーでチップに切断した後、実装した。

【0058】 この構造の発光ダイオードはp型層中にn型の電流拡散層38を設けることによって表面電極37より流れ出した電流が素子の周辺部分に効率よく広がっていく。従って活性層8で発生した光が表面電極37に遮られることなく外へ取り出すことが可能で、高効率の発光ダイオードとなる。

【0059】 実施例6（正負両極共に電流を表面側より取り出す青色発光ダイオードの作製）

MBE法によるエピタキシャル層を用いて正負両極共に電流を表面側より取り出す構造の青色発光ダイオードをZnSe基板29を用いて作製した。本実施例における作製工程及び構造を図9に示す。(a)はエピタキシャル層の構造、(b)はエッチングにより周囲が除去され円形にエピタキシャル層が残った段階、そして(c)は正負両極の表面電極を形成した後の完成段階である。各層は、5はn-ZnSeバッファ層、6はn-ZnSSeクラッド層、8はZnSe/ZnCdSe超格子活性層、10はp-ZnSSeクラッド層、11はp-ZnSeコンタクト層、29はZnSe基板、39はZnSe等を材料とした発光ダイオードの構造を持ったエピタキシャル層、40はn-ZnSeコンタクト層、41は円形に残ったエピタキシャル層、42は円形に残ったZnSe/ZnCdSe超格子活性層、43は円形に残ったp-ZnSeコンタクト層、44は表面電極[+]、そして45は表面電極[-]である。

【0060】 エピタキシャル層39の構造を図9(a)に示す。本実施例では最終的に図9(c)の構造となり、ZnSe基板29が高抵抗であっても電流を活性層

(10)

17

42に流すことが可能である。なおかつ発光した青色の光に対してZnSe基板29が透明であるため、電極に遮られることなく光を外に取り出すことができ、高効率の発光ダイオードを実現できる。

【0061】工程としてはエピタキシャル層成長後に図9(b)のようにエッチングによりエピタキシャル層41の周囲をコンタクト層40に達するまで除去して円形に残す。この際のエッチング条件は実施例5と同じ理由により、実施例1～5と同じ組成のエッチング液を用い、エッチング温度は30℃であった。そして図9

(c)のようにフォトリソグラフィによりn型のコンタクト層40には[-]側の電極44を、円形に残ったp型のコンタクト層43に[+]側の電極45をそれぞれ独立に形成した。

【0062】チップに切断した後の実装の際には基板29側を上向きにし、下側となる電極44、45より電流を取り出す。

【0063】

【発明の効果】以上述べてきたように、本発明によれば、基板上にZnSe等のII-VI族半導体を成長させた高品質のエピタキシャル層を、エッチングによって成型し、レーザーダイオードのためのストライプ型電流狭窄構造を実現し、あるいは発光ダイオードのための略円型電流拡散構造を実現することが可能となった。また、エッチング条件、とりわけエッチング温度を選択することにより、所望のメサ形状が得られ、良好な埋め込み(再成長)エピタキシャル層を得ることが可能になった。

【0064】これらの効果によって、ZnSe等のII-VI族化合物半導体を材料とした高効率な素子となる各種構造の青色半導体レーザー素子及び発光ダイオードを作製することができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】X線ディフラクトメータを用いた(400)回折による2結晶X線回折測定(X線ロックングパターン)図である。(a)はエッチング前のZnSe基板のX線ロックングカーブであり、(b)はエッチング後のZnSe基板のX線ロックングカーブである。

【図2】エッチング温度条件30度における、面方位とメサ形状との関係を示すSEM写真である。(a)はエッチング溝の方向が[01-1]方向である例、(b)は溝の方向が[01-1-]方向の例である。

【図3】エッチング温度条件45度における、面方位とメサ形状との関係を示すSEM写真である。(a)は溝の方向が[01-1]方向、(b)は溝の方向が[01-1-]方向である。

【図4】実施例1に示された、コンタクト層除去による電流狭窄型青色半導体レーザーダイオードの、作製工程及び構造を表す断面図である。(a)はエピタキシャル層の構造、(b)はエッチングによってストライプの両

18

サイドを除去した段階、(c)は絶縁膜、表面電極、裏面電極を形成した後の素子の完成段階である。

【図5】実施例2に示された、電流狭窄層付き再成長型青色半導体レーザーダイオードの、作製工程及び構造を表す断面図である。(a)は第1回目のエピタキシャル成長層の構造、(b)はエッチングによってストライプ状に電流狭窄層を除去した段階、(c)は第2回目のエピタキシャル成長層を形成し、表面電極、裏面電極を形成した素子の完成段階である。

【図6】実施例3に示された、OMVPE法による埋め込み再成長型青色半導体レーザーダイオードの、作製工程及び構造を表す断面図である。(a)は第1回目のエピタキシャル成長層の構造、(b)はストライプ領域を残して両サイドのエピタキシャル層の大部分を除去した段階、(c)は第2回目のエピタキシャル成長としての選択成長を行い、絶縁膜の除去の後、表面電極、裏面電極を形成した素子の完成段階である。

【図7】実施例4に示された、ZnSe基板にストライプを形成した青色半導体レーザーダイオードの、作製工程及び構造を表す断面図である。(a)はZnSe基板にストライプパターンを形成した段階、(b)はエピタキシャル層を成長した段階、(c)は絶縁膜、表面電極、裏面電極を形成した素子の完成段階である。

【図8】実施例5に示された、電流拡散構造付き再成長型青色半導体発光ダイオードの、作製工程及び構造を表す断面図である。(a)は第1回目のエピタキシャル成長層の構造、(b)はエッチングによって周囲が除去され円形の電流拡散層が残った段階、(c)は第2回目のエピタキシャル成長層を形成し、表面電極、裏面電極を形成した素子の完成段階である。

【図9】実施例6に示された、正負両極共に電流を表面側より取り出す青色発光ダイオードの、作製工程及び構造を表す断面図である。(a)はエピタキシャル層の構造、(b)はエッチングによって周囲が除去され円形にエピタキシャル層が残った段階、(c)は正負両極の表面電極を形成した後の素子の完成段階である。

【図10】触針式表面形状測定器を用いて測定された基板の表面形状測定図であり、GaAsに用いられる硫酸系エッチングでZnSeエピタキシャル層を除去した際の表面の荒れの度合いを表す。

【符号の説明】

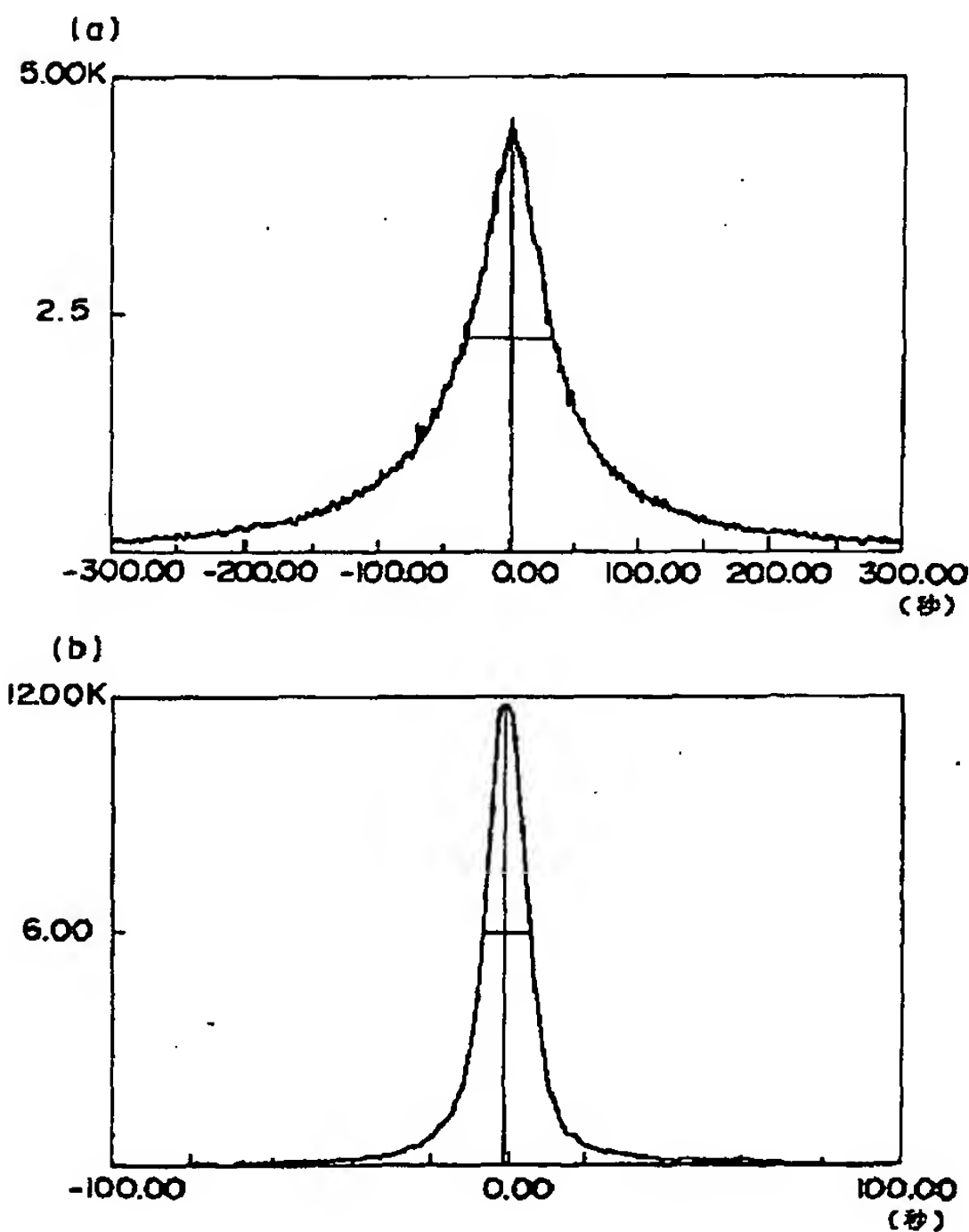
3...n-GaAs基板、4...ZnSe等を材料としたレーザー構造のエピタキシャル層、5...n-ZnSeバッファ層、6...n-ZnSSeクラッド層、7...n-ZnSe光ガイド層、8...ZnSe/ZnCdSe超格子活性層、9...p-ZnSe光ガイド層、10...p-ZnSSeクラッド層、11...p-ZnSeコンタクト層、12...エッチングされずに残ったストライプパターン形状のp-ZnSeコンタクト層、13...p-CVDによるSiN絶縁膜、14...表面電極、15...裏面電極、1

(11)

19

6…第1回成長時のエピタキシャル層、17… n -ZnSe電流狭窄層、18…エッチングによってストライプパターン部分が除去されて残った n -ZnSe電流狭窄層、19…第2回成長時の p -ZnSeコンタクト層、20… p 型層中に挟まって残った n -ZnSe電流狭窄層、21…MBE法により成長した第1回成長時のエピタキシャル層、22…SiN絶縁膜、23…エッチングされずに残ったストライプパターン形状のSiN絶縁膜、24…ストライプパターン形状に残った第1回成長時のエピタキシャル層、25…OMVPE法により成長した第2回成長時の埋め込みエピタキシャル層、26… p -ZnSSe埋め込み再成長層、27… n -ZnSSe埋め込み再成長層、28…ストライプ状のZnSe/ZnCdSe超格子活性層、29…ZnSe基板、30…ZnSe基板に残った $[01\bar{1}]$ 方向の2本のスト

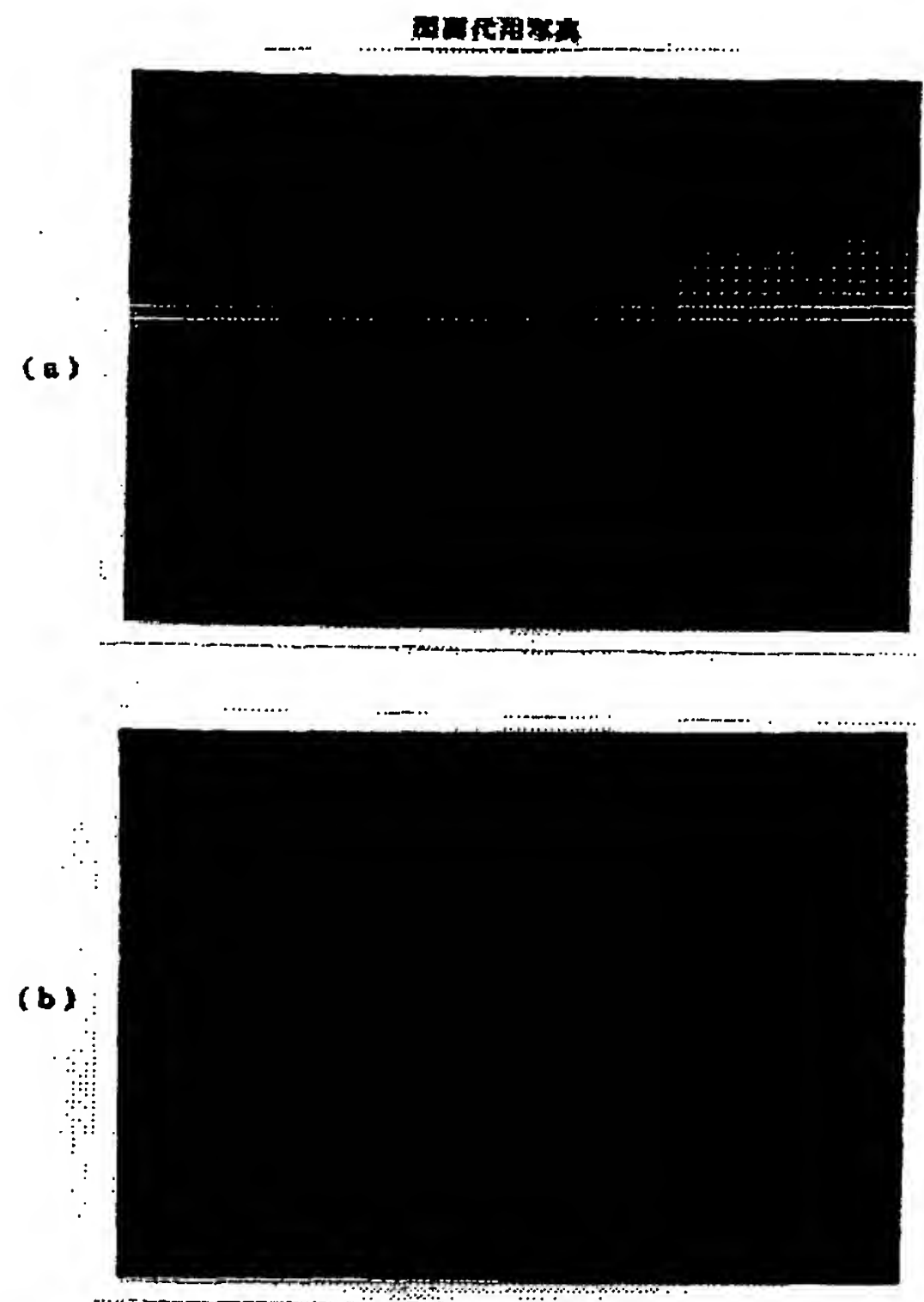
【図1】



20

ライプ、31…ZnSe等を材料としたレーザー構造のエピタキシャル層、32…湾曲したZnSe/ZnCdSe超格子活性層、33…ZnSe等を材料とした発光ダイオード構造の第1回成長時のエピタキシャル層、34… n -ZnSe電流拡散層、35…周囲がエッチングによって除去され円形に残った n -ZnSe電流拡散層、36…第2回成長時の p -ZnSeコンタクト層、37…円形表面電極、38… p 型層中に残った n -ZnSe電流拡散層、39…ZnSe等を材料とした発光ダイオード構造のエピタキシャル層、40… n -ZnSeコンタクト層、41…円形に残ったエピタキシャル層、42…円形に残ったZnSe/ZnCdSe超格子活性層、43…円形に残った p -ZnSeコンタクト層、44…表面電極 $[-]$ 、45…表面電極 $[+]$ 。

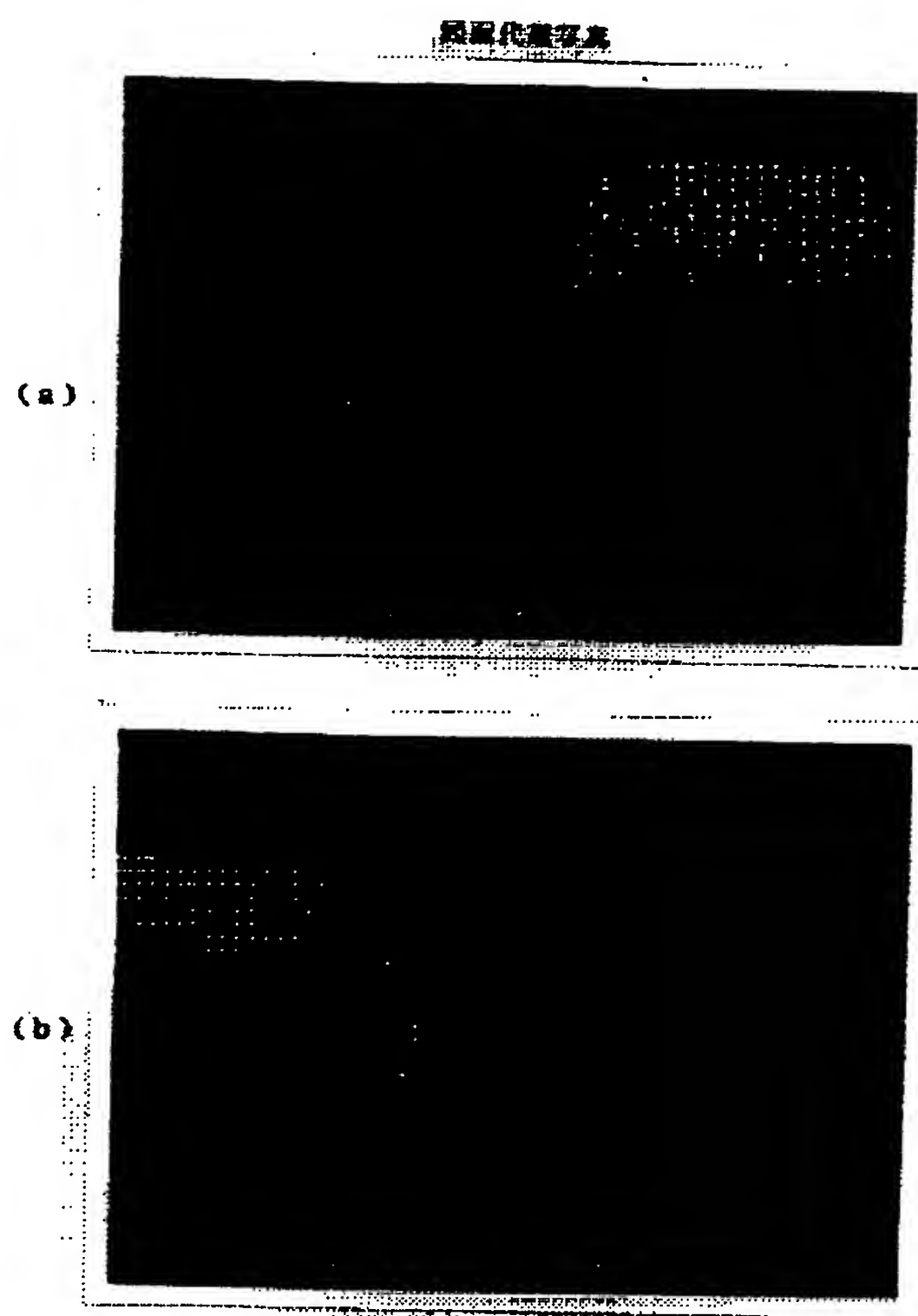
【図2】



写真

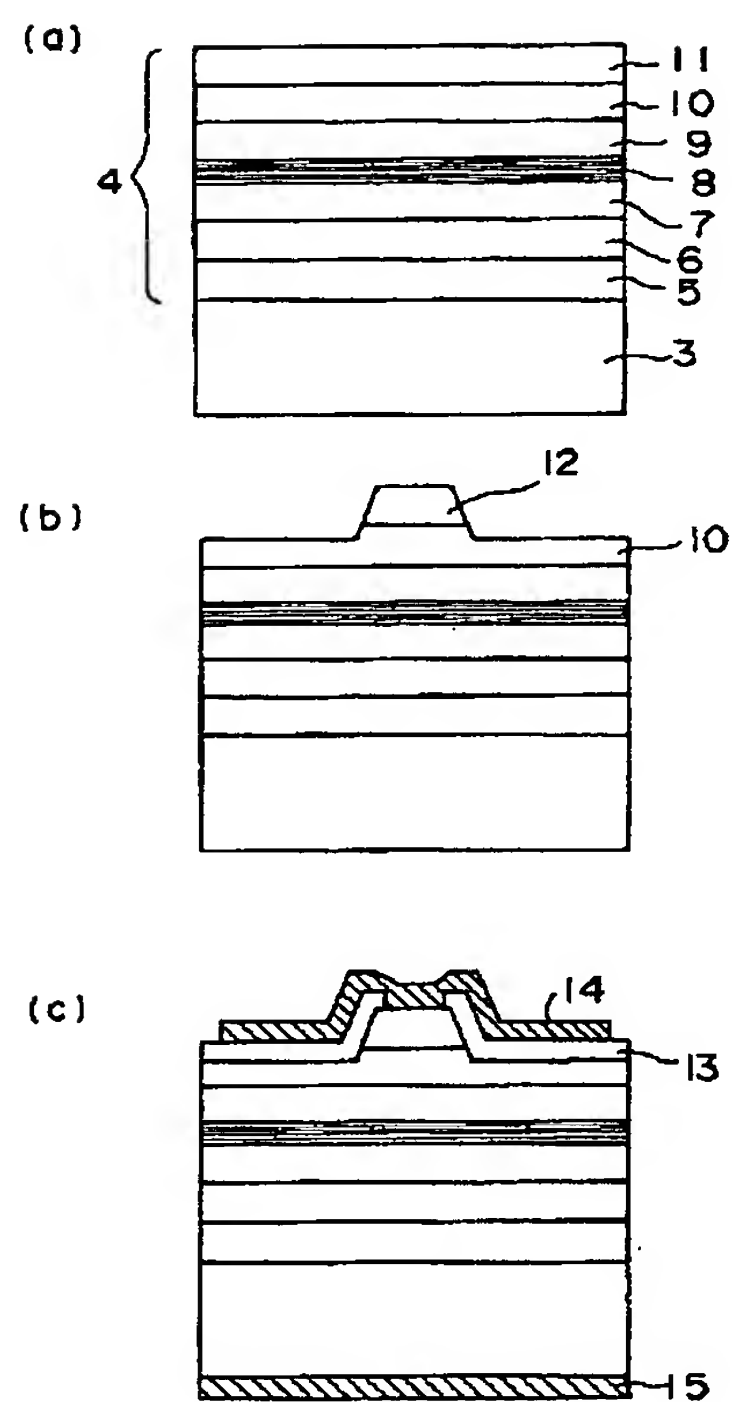
(12)

【図3】

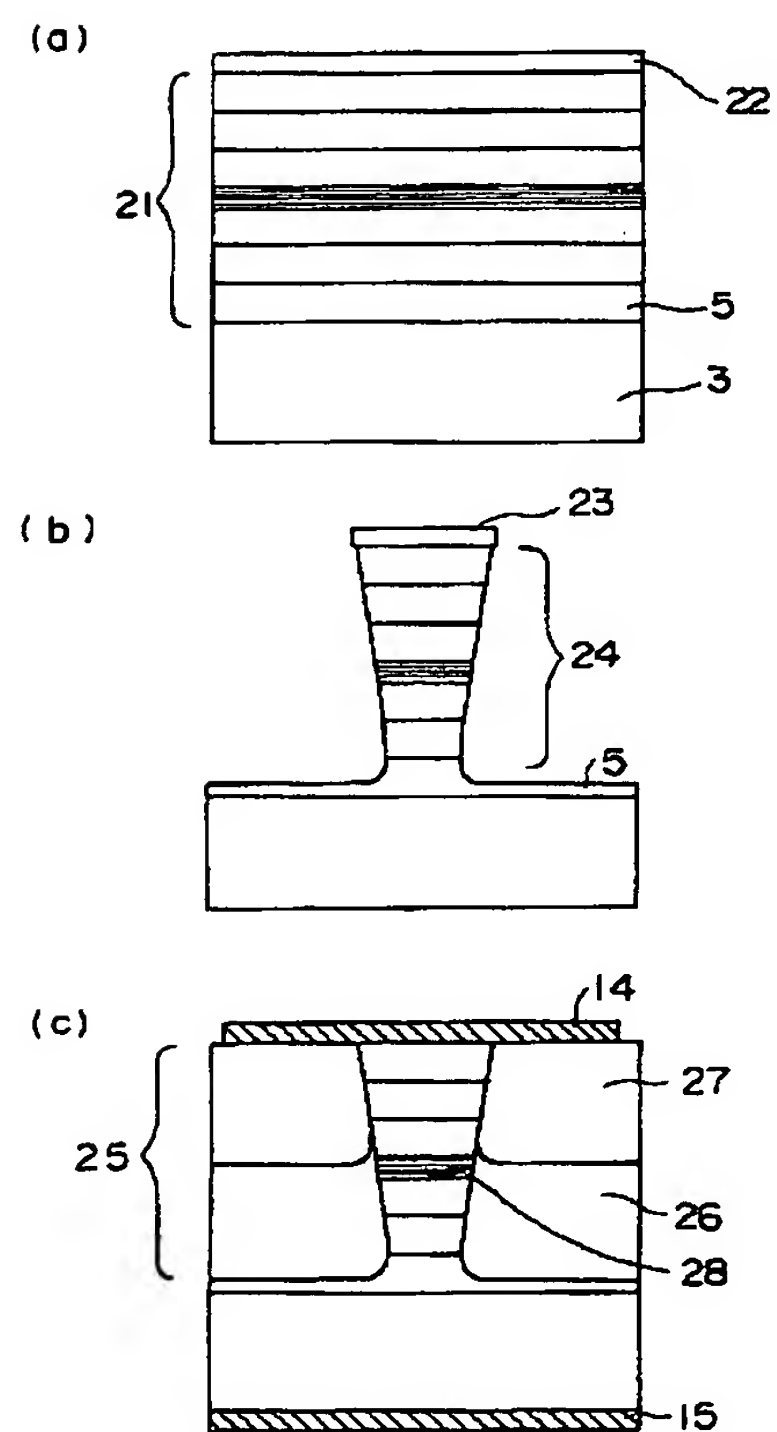


写真

【図4】

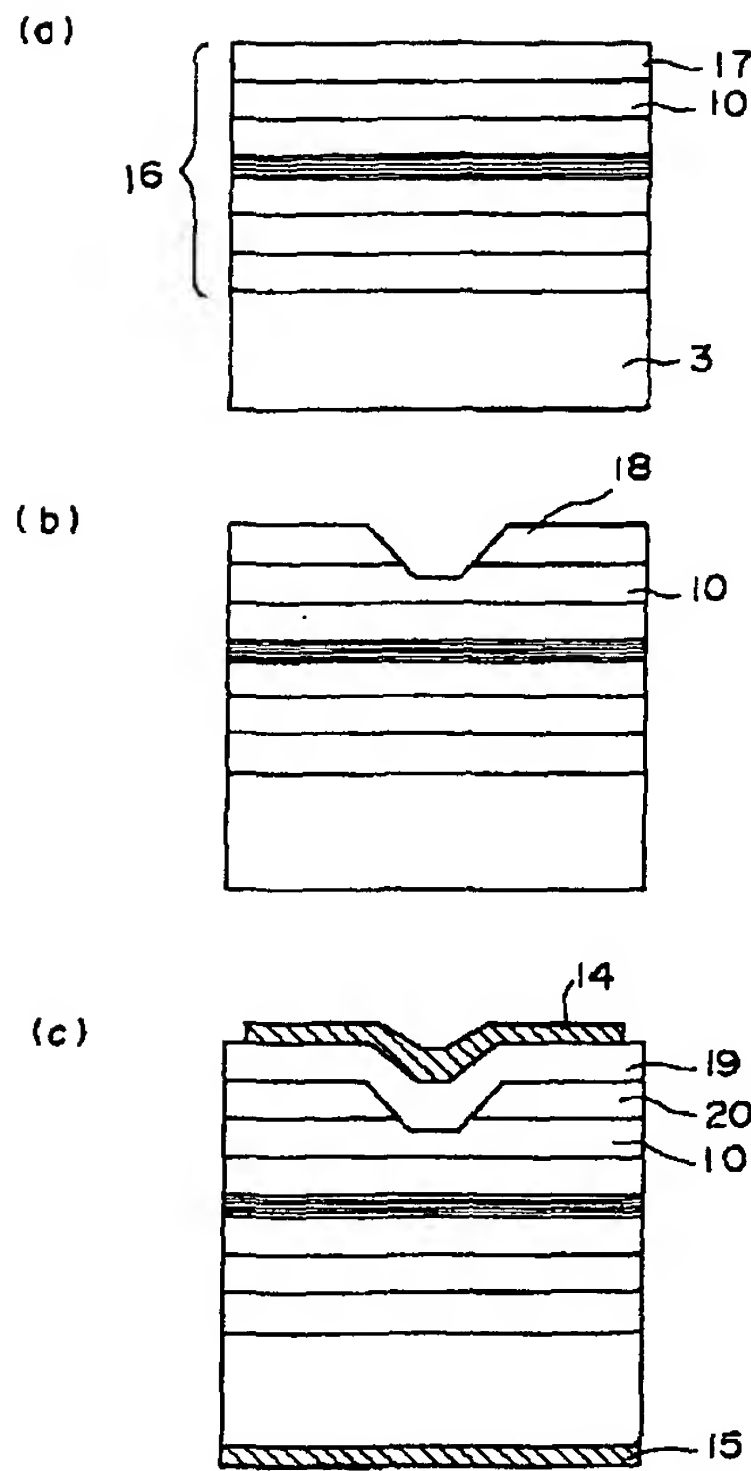


【図6】

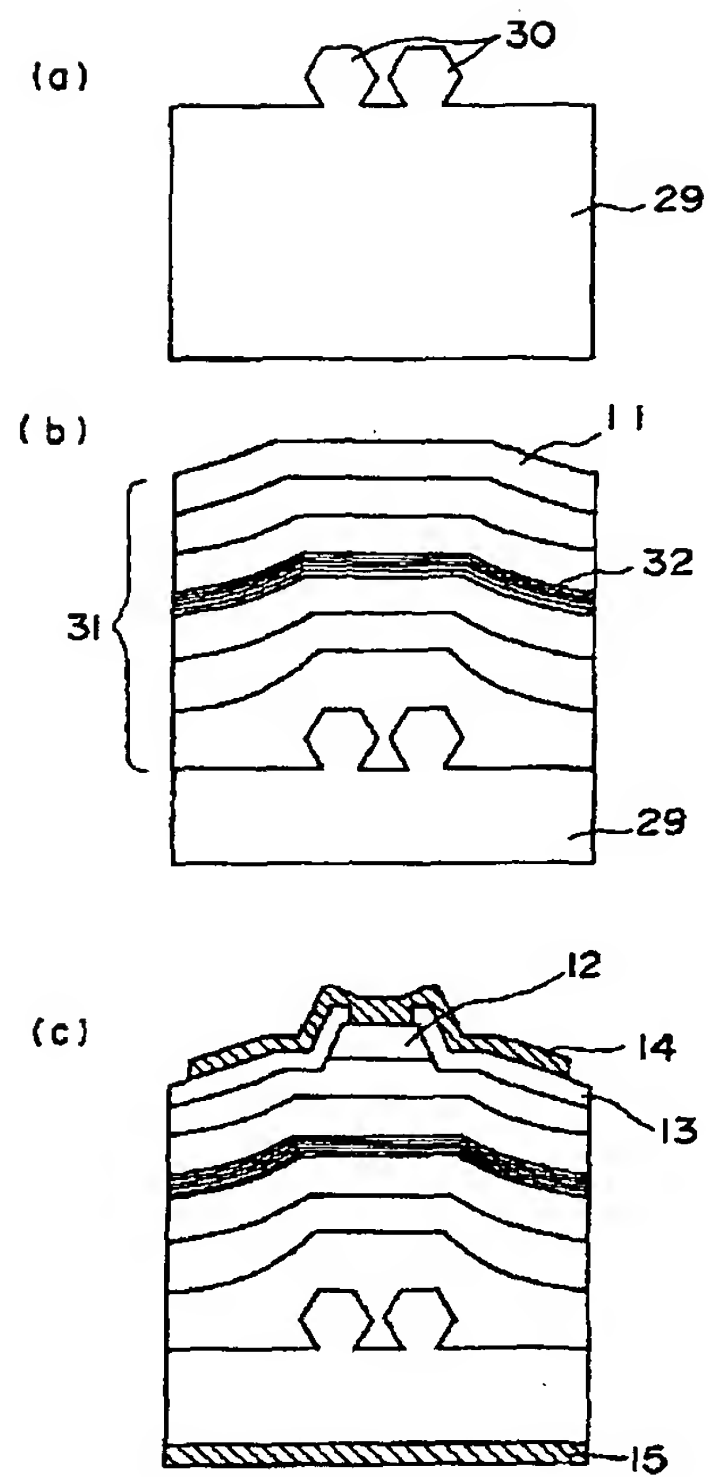


(13)

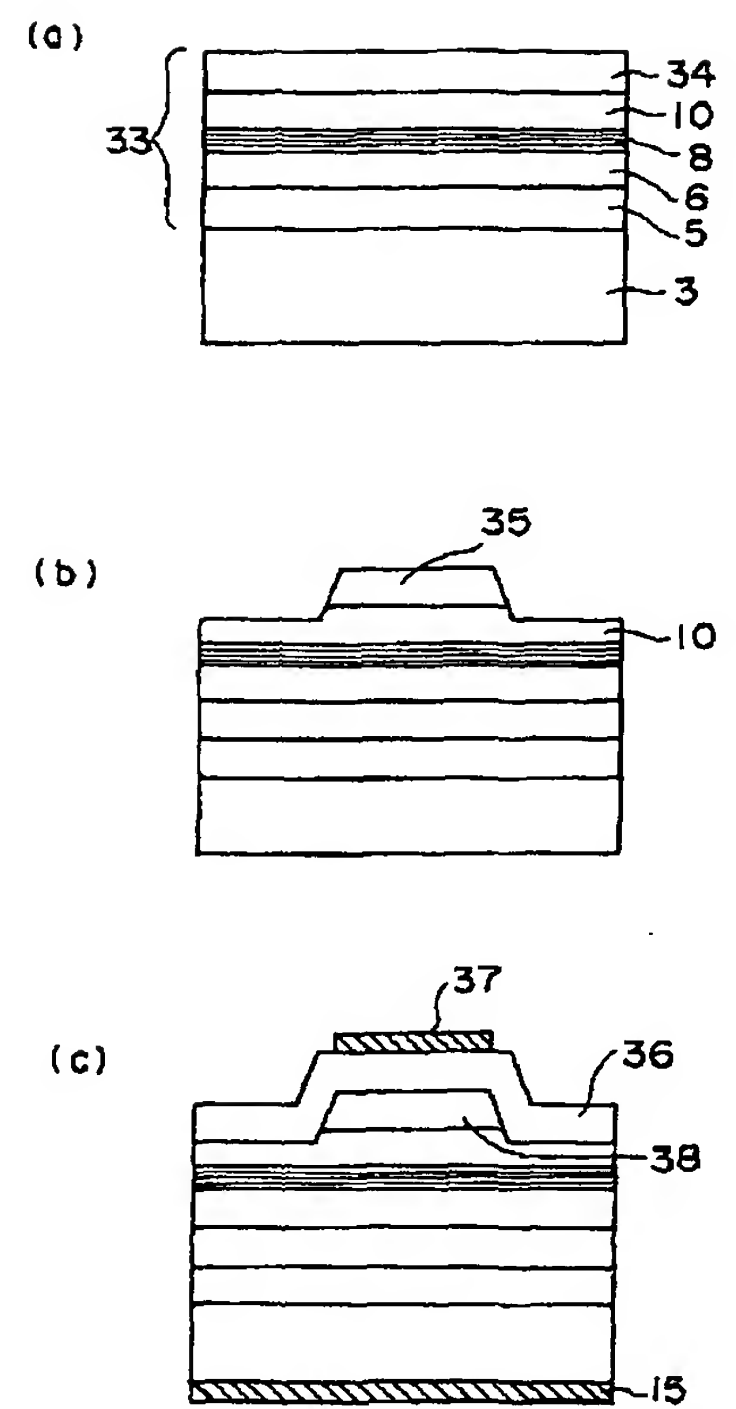
【図5】



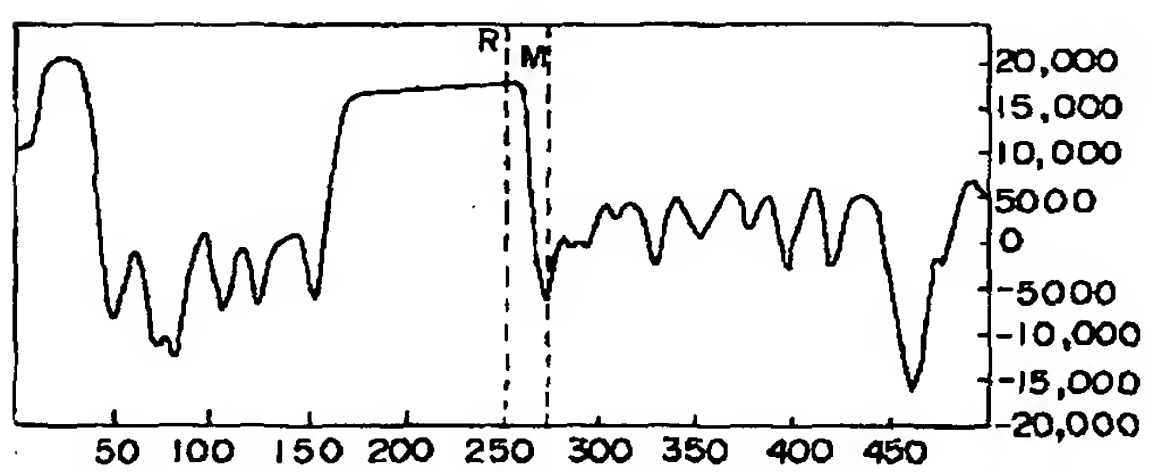
【図7】



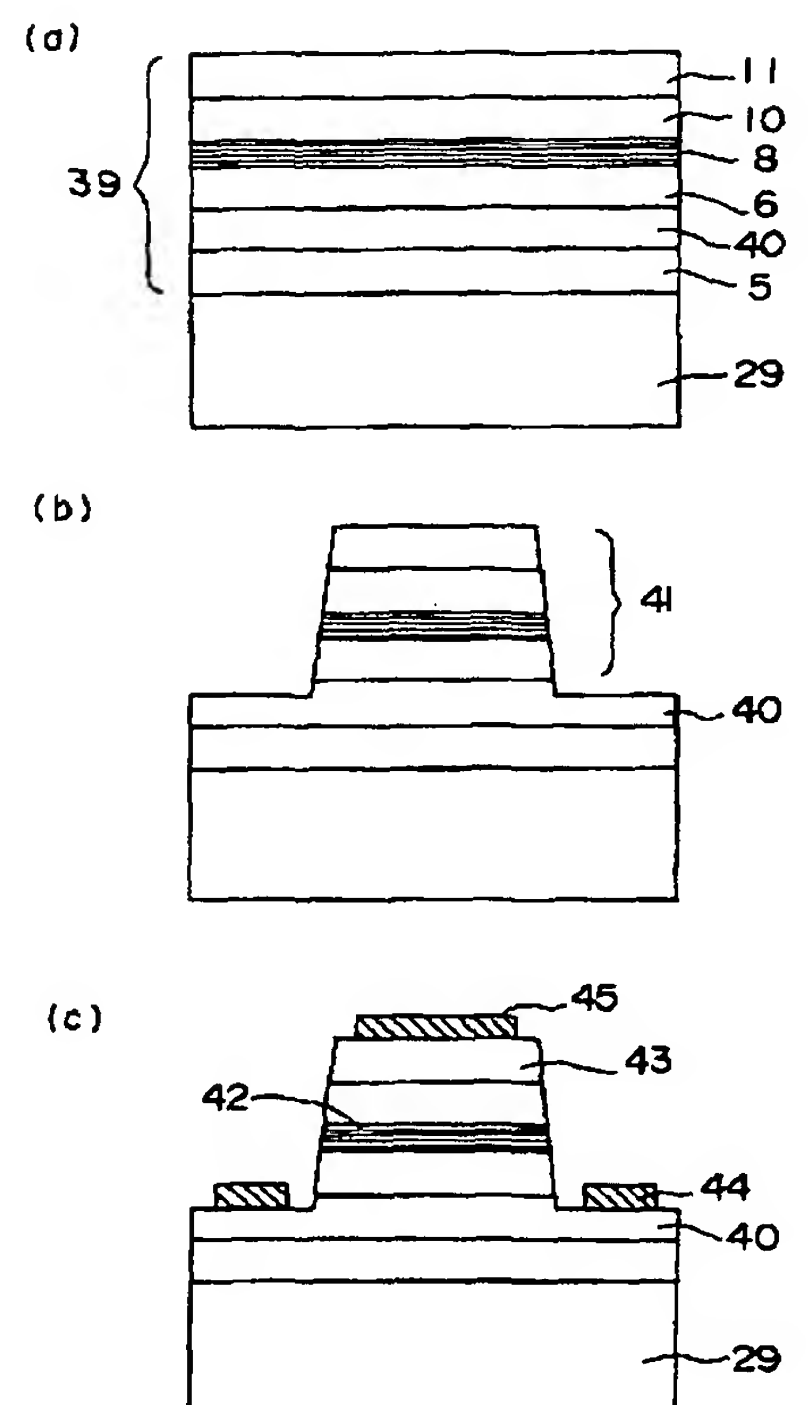
【図8】



【図10】



【図9】



(14)

フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H O 1 L 33/00		D		